

**REKAYASA ADSORBEN DARI LIMBAH SERBUK BESI UNTUK
PENYERAPAN H₂S DALAM BIOGAS**
*ENGINEERING OF ADSORBANCE FROM FERRO POWDER WASTE FOR
H₂S ADSORPTION IN BIOGAS*

Siti Masriani dan Edwin Harianto Sipahutar
Baristand Industri Medan, Jl.S.M Raja No.24 Medan
Mail: siti_masriani@yahoo.com

ABSTRAK

Telah dilakukan perancangan alat penyerapan kandungan H₂S dalam biogas melalui beberapa tahap. Tahap awal dilakukan dengan proses perhitungan dimensi alat reaktor berdasarkan karakteristik densitas dari gas sulfur yang akan di serap. Kemudian dilakukan proses pembuatan adsorben dari limbah serbuk besi dari sisa hasil pembubutan. Limbah serbuk besi dari bengkel, di beri pola sesuai dengan ukuran kolom adsorben. Selanjutnya di lakukan proses pelunakan dengan variasi suhu yaitu 800°C, 900°C dan 1000°C dan ketebalan adsorben. Untuk mengetahui keefektifan dari adsorben yang dihasilkan, dilakukan uji coba dengan melakukan proses penyerapan pada biogas. Hasil uji coba menunjukkan bahwa pada variasi suhu yang baik adalah pada suhu 1000°C, dimana penurunan gas H₂S diperoleh lebih tinggi jika dibandingkan dengan variasi suhu lainnya. Variasi suhu dan ketebalan adsorben sangat berpengaruh pada proses penyerapan H₂S dalam biogas dan kondisi paling optimal adalah pada suhu 1000°C dan ketebalan 2 cm.

Kata Kunci : Biogas, H₂S, Adsorpsi, Serbuk Besi, Limbah PKS

ABSTRACT

It was conducted to design the adsorption of H₂S content of biogas through kinds of stage. Early stage conducted with dimension calculation process based on the characteristic density reactor from the sulfur gas will be adsorbed. Then do the process of making ferro powder adsorbent from waste of turning machine. Waste iron powder from the workshop in moulding and comply with adsorbent column size. Further more the process of softening with temperature variations such 800°C, 900°C and 1000°C and the width of adsorbent. To determine the effectiveness perform of the adsorbent, it conducted trials of shulfuric acid gas of biogas absorption process. The trial results showed that the temperature variation of temperature 1000°C is better, where The removal of H₂S is higher than temperature variations others. Temperature and the width of adsorbent is effect to adsorption the H₂S biogas and the optimal condition on 1000°C and 2 cm of width.

Keywords: Biogas, H₂S, Adsorption, ferro powder, Palm Oil Mill Effluent

PENDAHULUAN

Besarnya kandungan bahan organik dalam LCPKS berpotensi untuk diolah menjadi biogas. Irvan, 2010 telah melakukan penelitian dengan mengkonversi LCPKS menjadi biogas. Dalam penelitian tersebut diperoleh 2,4–2,8 liter biogas setiap liter LCPKS. Dan jika dikonversikan terhadap jumlah LCPKS yang ada yaitu 35.725.135 ton, akan menghasilkan 85.740.324 – 100.030.378 ton biogas (Kementerian Perindustrian, 2011). Biogas mempunyai massa jenis 1,2 kg/m³ pada tekanan atmosfer dan jika ditekan sampai 200 - 300 bar dapat mencair. Biogas mempunyai nilai kalor sekitar 23 MJ/m³ dan nilai oktan (RON) sekitar 130 (Tippayaong et al., 2011). Sebagai sebuah negara agraris, Indonesia mempunyai potensi biogas yang sangat besar tetapi hanya

sedikit dari potensi ini yang sudah dimanfaatkan dan umumnya masih hanya sebatas memenuhi kebutuhan sehari-hari. Hal ini dirasakan menjadi kelemahan pengembangan biogas di sektor pertanian. Secara tradisional, masyarakat petani tidak akan kesulitan memenuhi sumber energi untuk memasak dan dapat dilakukan dengan memanfaatkan biomassa secara langsung. Penggunaan lain biogas yang sangat potensial adalah untuk menjalankan mesin-mesin motor bakar atau internal combustion (Slawomir Wierzbicki, 2012). Pada aplikasi ini hambatan utama yang harus dihadapi adalah bagaimana membuat biogas lebih murni dengan cara mengurangi kandungan CO₂ dan Hidrogen Sulfida (H₂S). Senyawa. Komponen H₂O yang berupa moisture akan menyebabkan

terbentuknya senyawa hidrat bila bereaksi dengan senyawa hidrokarbon.

Pemanfaatan biogas pada motor bakar bukanlah hal baru. Biogas ini dapat langsung digunakan tanpa memodifikasi mesin jika digunakan pada mesin dengan siklus otto atau mesin dengan bahan bakar gasoline (Pulkrabek W, 1997). Tetapi penggunaan biogas pada mesin otto masih menunjukkan efisiensi yang rendah dan gas buangnya masih mengandung sisa hidrokarbon yang tinggi. Pengurangan kandungan CO₂ pada biogas sebenarnya dapat memperbaiki efisiensi ini, karena akan meningkatkan sifat flameability (J.I Huertas, et al., 2011)). Tetapi pada daerah pertanian yang kecil teknologi pemurnian ini akan menambah ongkos dan dapat membuat aplikasi ini kurang menarik minat petani. Oleh karena itu penggunaan biogas pada mesin diesel menjadi salah satu alternatif yang akan tetap menarik.

Penggunaan biogas pada mesin diesel umumnya menggunakan sistem campuran atau dual fuel (Pulkrabek w, 1997). Pada sistem ini biogas dimasukkan kedalam mesin bersamaan dengan udara. Kemudian sebagai sejumlah minyak diesel akan diinjeksikan ke dalam ruang bakar dan terjadilah pembakaran. Di sini dapat dilihat minyak diesel masih digunakan tetapi jumlahnya sudah semakin berkurang. Sistem ini dirasakan akan sangat cocok diterapkan pada petani kecil, karena seandainya bahan biogas habis atau karena sesuatu hal susah diperoleh, maka mesin dapat kembali menggunakan bahan bakar minyak diesel.

Keuntungan tambahan yang didapat jika menggunakan sistem ganda ini adalah mesin dapat beroperasi pada komposisi biogas yang sangat variatif tanpa melakukan modifikasi pada mesin tetapi cukup pada sistem pemasukan udara luarnya (Paolo, 2008). Aplikasi biogas pada mesin diesel dengan sistem bahan bakar ganda telah digunakan oleh Hery dkk., (2011) untuk mengerakkan mesin pembuat pelet pupuk dari sisa digester. Pada penelitian ini akan dilakukan modifikasi dan pengujian mesin diesel yang dibuat menjadi berbahan bakar ganda.

Penggunaan biogas yang sangat potensial untuk menjalankan mesin-mesin motor bakar atau *internal combustion*

namun komposisi biogas seperti CO₂ dan Hidrogen Sulfida (H₂S) yang menjadi kendala pada aplikasi pada mesin-mesin motor bakar. Komposisi CO₂ dalam biogas dapat menurunkan energy/power dari biogas dan sedangkan H₂S akan mengakibatkan sifat *corrosive* (Ray N.H.S, 2013). Jumlah CO₂ dan H₂S diharapkan seminimal mungkin keberadaannya dalam biogas. Smieja, et al., 2014 mengemukakan jumlah gas metan yang optimal dalam biogas adalah lebih kurang 90% agar dapatdi aplikasikan pada dual fuel engine.

Tujuan penelitian adalah perolehan biogas dari Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit melalui pemurnian untuk menghasilkan biogas yang rendah kandungan H₂S agar dapat digunakan untuk mesin transportasi pada perkebunan dengan sistem ganda (*dual fuel engines*).

METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

Dalam penelitian ini bahan utama yang digunakan adalah limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) yang berasal dari Pabrik Kelapa Sawit Adolina milik PTPN IV Lubuk Pakam, dan bibit mikroorganisme dari kolam asam limbah pabrik kelapa sawit Pabatu milik PTPN IV Tebing Tinggi. Kebutuhan bahan kimia untuk pengujian/analisa sampel seperti kalium bikromat, Ag₂SO₄, larutan standar ferro amonium sulfat, indikator ferroin, asam sulfat dan aquades dalam analisa COD. Limbah serbuk besi dari sisa pembubutan dan limbah TKS digunakan sebagai media adsorben.

Peralatan Penelitian, selain alat uji analisa seperti Oven, *Analytical Balance*, pH meter, Gasmeter dan peralatan glass lainnya. Penelitian ini menggunakan reaktor ABR yang dilengkapi alat instrument lainnya seperti Gambar 1.

Prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini adalah Serbuk yang telah dibentuk berupa lempengan dengan dimensi sesuai dengan *moulding* nya kolom adsorpsi, di panaskan pada variasi suhu (800, 900 dan 1000°C). Kemudian didinginkan dan berdasarkan ketebalan lempeng serbuk besi tersebut diujicoba pada aliran biogas.



Gambar 1. Rangkaian Peralatan Penelitian dilengkapi alat Instrumentasi Penelitian (Flowrate total biogas, Methanemeter dan H₂S meter)

Pada rangkaian peralatan dilengkapi dengan alat ukur instrumentasi untuk mengetahui jumlah biogas yang telah di peroleh dan jumlah gas metan yang diperoleh. Sebelum dan sesudah melewati alat adsorpsi di lengkapi alat instrumentasi (H₂S meter) untuk mengetahui jumlah gas H₂S yang terserap oleh adsorben. Gambar 1 memperlihatkan rangkaian peralatan instrumentasi yang telah dilengkapi pada reaktor.

HASIL DAN PEMBAHASAN **Proses Pembuatan Adsorben**

Serbuk besi yang digunakan sebagai adsorben adalah serbuk besi sisa dari pengelasan dan pembubutan dan UD. Rahayu. UD rahayu adalah sejenis bengkel pengelasan dan pembubutan besi dan baja yang terletak ditengah kota Medan. Serbuk besi yang sisa pembubutan saat ini belum dimanfaatkan lagi akan tetapi di buang dan ditampung oleh pihak ketiga untuk ditangani kembali. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan limbah sisa pembubutan sebagai adsorben khususnya adsorben biogas. Proses pembuatan adsorben meliputi pembentukan serbuk besi mengikuti cetakan dari alat/kolom adsorpsi yang telah di desain yaitu berupa silinder

(Gambar 2.a.b). Kemudian lempengan serbuk dilunakkan sesuai variasi suhu yang ditetapkan yaitu pada suhu 800, 900 dan 1000°C).

Pada Gambar 2.c.d adalah kegiatan proses persiapan dan pelunakan serbuk besi untuk dapat digunakan sebagai adsorben. Hasil proses pelunakan pada ketiga variasi suhu secara visual dapat lihat bahwa pada suhu 800 °C masih banyak ditemukan impurities yang belum ikut terbakar, sedangkan pada suhu 900°C diperoleh impurities sedikit berkurang jika dibandingkan dengan suhu 800°C. Pada proses pelunakan pada suhu 1000° C diperoleh serbuk besi telah bersih dan tidak ditemukan impurities secara visual.

Dari ketiga variasi suhu proses pelunakan diperoleh kondisi yang paling optimum adalah pada suhu 1000°C, dimana semua impurities yang ada telah teruapkan saat proses pelunakan dilakukan. Impuritis yang ada dalam serbuk besi perlu dihindari agar pada proses penyerapan gas H₂S yang ada dalam biogas berjalan dengan optimal. Dalam proses penyerapan gas H₂S dalam biogas diharapkan adalah serbuk besi yang murni tanpa ada unsur atau senyawa lainnya yang kemungkinan besar akan menjadi penghalang pada proses penyerapan.



(a) Serbuk besi sisa pembubutan



(b) Serbuk besi yang telah dibentuk



(c) Serbuk besi siap untuk dilunakkan



(d) Proses pelunakan sesuai variasi temperatur (800, 900 dan 1000°C)

Gambar 3. Tahapan proses pelunakan serbuk besi menjadi adsorben



(a) variasi suhu 800°C



(b) variasi suhu 900°C

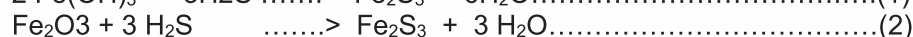
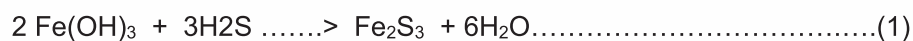


(c) variasi suhu 1000°C

Gambar 4. Hasil proses pelunakan adsorben untuk ketiga variasi penelitian.

Untuk mencegah kerusakan yang ditimbulkan oleh hydrogen sulfide maka gas ini harus di hilangkan atau minimal dikurangi kandungannya (Deublein, 2008). Salah satu pertimbangan yang dapat dikembangkan untuk menghilangkan gas H₂S dari biogas dengan mempertimbangkan penggunaan reaksi penyerapan oleh serbuk atau serpihan besi. Dengan menggunakan proses kering

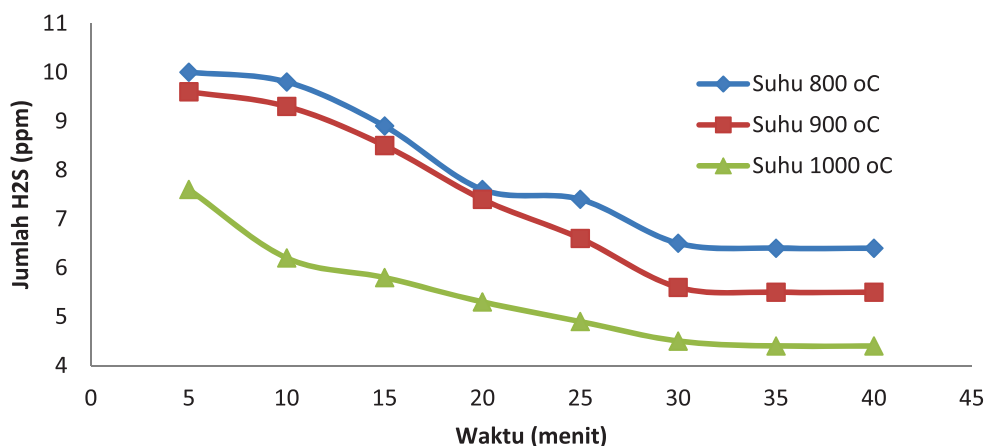
ini maka H₂S dikonversikan menjadi besi (III) hidroksida atau besi (III) oksida dan air berdasarkan reaksi 1 dan 2. (Negara, K.M.T,dkk., 2012). Dari reaksi 1 dan 2 diatas diharapkan pada uji aplikasi adsorben, diperoleh jumlah gas H₂S akan berkurang setelah melewati kolom adsorben yang telah berisi lempengan serbuk besi yang telah dilunakkan.



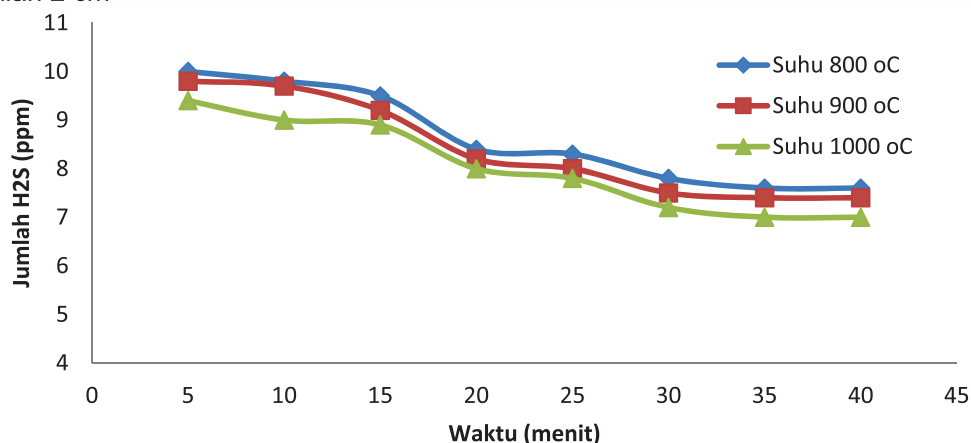
Uji Kinerja Adsorben menurunkan H₂S dalam Biogas

Suhu merupakan faktor penting dalam proses degradasi/penyisihan unsur lain dalam serbuk besi. Serbuk besi sebagai sisa pembubutan masih berisikan berbagai macam komponen sebab limbah sisa pembubutan tersebut berasal dari berbagai macam tipe besi. Untuk menyisihkan komponen non besi yang ada dalam limbah perlu dilakukan proses pemanasan yaitu dengan variasi suhu 800, 900 dan 1000°C.

Secara visual dari Gambar 5 diperoleh pada penelitian ini bahwa pada suhu 1000°C adalah kondisi optimal dari perlakuan proses pelunakan, akan tetapi perlu dilakukan evaluasi unjuk kerja serbuk besi pada ketiga variasi melalui uji aplikasi pada proses penyerapan gas H₂S pada biogas. Gambar 5. memperlihatkan hasil penyerapan gas H₂S pada ketiga variasi suhu penelitian



(a) Ketebalan 2 cm



(b) Ketebalan 1 cm

Gambar 5 Proses Penyerapan H₂S dengan variasi Suhu dan ketebalan

Dari gambar 5.a.b memperlihatkan uji kinerja adsorben dalam menyerap H₂S dalam biogas untuk ketiga variasi suhu dan dua variasi ketebalan adsorben tidak begitu signifikan perbedaannya. Dari ketiga variasi suhu tersebut diperoleh bahwa pada proses pelunakan adsorben yang dilakukan pada suhu 1000° C lebih baik dari pada 800°C maupun 900°C. Hal ini disebabkan masih ada impurities yang ada dalam adsorben yang akan menghalangi terjadinya reaksi Fe (besi murni) dengan H₂S. Sedangkan pada variasi ketebalan juga sangat berpengaruh. Misalnya pada suhu 1000°C dengan variasi ketebalan 1 cm dan menit ke-20 diperoleh 8 ppm sedangkan pada ketebalan 2 cm diperoleh 5,3 ppm. Selisih perbedaan diperoleh 2,7 ppm. Untuk parameter H₂S angka 2,7 ppm sangat berpengaruh pada aplikasi untuk mesin Dual Fuel Engine. Diharapkan pada saat aplikasi dual fuel engine, komposisi H₂S dalam biogas agar dapat digunakan adalah maksimal 5 ppm. Adanya komponen H₂S dalam biogas akan menyebabkan terjadinya korosif/perkaratan pada mesin. Sehingga dari variasi ketebalan dan suhu pada penelitian ini kondisi paling optimal adalah pada suhu 1000°C dan ketebalan 2 cm.

KESIMPULAN

Proses penyerapan biogas dapat dilakukan secara continue dari ABR langsung ke adsorben dengan melalui pengaturan laju alir dengan menggunakan flowrate dan sistem valving yang telah di instalasi pada reaktor. Limbah sisa pembubutan besi dapat digunakan sebagai media penyerapan H₂S dalam biogas. Variasi suhu dan ketebalan adsorben sangat berpengaruh pada proses penyerapan H₂S dalam biogas dan kondisi paling optimal adalah pada suhu 1000°C dan ketebalan 2 cm.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih kepada Baristand Industri Medan yang telah membiayai kegiatan penelitian ini dan analis yang terlibat dalam pengujian sehingga penelitian ini dapat di selesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Deublein, D. dan Steinhauser, A. (2008), "Biogas from Waste and Renewable Resources. An Introduction", WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- Hery Achmad Fauzan, Zamzami Septieropa, Selly Rainsyah dan Faizal Romadhi (2011), "Pemanfaatan Biogas/Landfillgas sebagai bahan bakar Mesin Bensin 1 Silinder 4 Langkah", Jurnal Teknik Industri, Volume 12, No.2, Agustus 2011;162-168
- Irvan, Bambang Trisakti, Vivian Wongistani dan Yoshimasa Tomiuchi (2012), "Methane from Digestion of Palm Oil Mill Effluent (POME) in a Thermophilic Anaerobic Reactor". International Journal of Science and Engineering Vol.3 (1) : 32-35.
- J.I Huertas, N. Giraldo and S Izquierdo (2011), "Removal of H₂S and CO₂ from biogas by Amine Absorption" Automotive Engineering Research Centre-CIMA of Technology, Mexico,
- Kementerian Perindustrian (2011), "Booklet Hilirisasi Industri Kelapa Sawit", Kementerian Perindustrian, Jakarta. Diakses <http://kemenperin.go.id/> pada tanggal 22 Mei 2012.
- Negara, K.M.T, Tjokorda G.T.N, I Made S, I ketut A.A, Dewa N.K.P.N, I Wayan S, A.A.I.A.sri K (2012), Pemurnian Biogas dari Pengotor Hidrogen Sulfida(H₂S) dengan Memanfaatkan Limbah Geram Besi Proses Pembubutan, Jurnal Energi dan Manufaktur Vol. 5, No. 1, Oktober 2012:1-97
- N.H.S Rays, MK Mohanty, RC Mohanty (2013), "A Study on Application of Biogas as Fuel in Compression Ignition Engineering", International Journal of Innovation in Engineering and Technology

- (IJET), Vol. 3 Issue 1 October 2013, ISSN: 2319-1053.
- Paolo Cosoli, Marco Ferrone, Sabrina Pricl, Maurizio Fermeglia (2008), "Hydrogen sulphide removal from biogas by zeolite adsorption Part I. GCMC molecular simulations, Chemical Engineering Journal, Elsevier.
- Pulkrabek, Willard W (1997). "Engineering Fundamentals Of The Internal Combustion Engine". Prentice Hall, New Jersey.
- Slawomir Wierzbicki (2012). *Biogas As a Fuel For Diesel Engines*. Olsztyn. Svenskt Gastekniskt Center AB. 2012 "Basic Data On Biogas". 2nd edition. Sweden.
- Smieja Michael, Slawoir Wierzbicki (2014), Influence of Content of Methane in Biogas on Emission of Toxic Substances in Diesel Engine Supplied With Bifuel", The 9th Conference Environmental Engineering, Poland.
- Tippayawong, N. Promwungkwa, A. Rerrkriangkrai (2011). Long Term Operation of a small biogas/diesel dual-fuel engine for on-farm electricity generation". Chiang Mai University, Thailand.

